

# PERAN TEKNOLOGI BUDI DAYA DAN POLA TANAM PILIHAN PETANI DALAM MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS KARET RAKYAT

## *Role of Cultivation Technology and Planting Patterns of Farmer Choice for Improving Smallholding Rubber Productivity*

Junaidi

Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet  
Galang, Kotak Pos 1415 Medan, Sumatera Utara, Indonesia 20001  
Telp. (061) 7980045, Faks. (061) 7980046  
E-mail: [junaidi.sp5@gmail.com](mailto:junaidi.sp5@gmail.com)

Diterima: 12 September 2019; Revisi: 14 Juli 2020; Disetujui: 7 Oktober 2020

### ABSTRAK

Produktivitas tanaman karet rakyat di Indonesia masih tergolong rendah, terutama disebabkan oleh adopsi teknologi budi daya belum optimal. Karakteristik perkebunan karet rakyat, terutama penguasaan lahan dan modal yang terbatas, memerlukan pendekatan spesifik dibanding perkebunan besar. Tulisan ini menginformasikan inovasi teknologi budidaya karet yang dapat meningkatkan produktivitas karet rakyat. Konservasi lahan dapat meningkatkan potensi pengembangan tanaman karet di lahan suboptimal seperti lahan gambut, pasang surut, dan daerah berelevasi tinggi. Pemuliaan tanaman di Indonesia telah menghasilkan klon-klon unggul seri IRR dengan potensi hasil tinggi (rata-rata di atas 1.500 kg/ha/th), pertumbuhan jagur, dan tahan terhadap penyakit. Modifikasi pola tanam dapat meningkatkan produktivitas lahan dan sumber pendapatan petani selama tanaman belum menghasilkan (TBM). Untuk mendapatkan produksi yang tinggi dan berkelanjutan, sistem pemanenan lateks tipologi klon yang didukung oleh diagnosis lateks dapat mengoptimalkan potensi klon dan mencegah kering alur sadap (KAS). Untuk meningkatkan adopsi teknologi di tingkat petani diperlukan dukungan penyuluh, kelompok tani, dan pemerintah.

**Kata kunci:** Karet, petani, teknologi, produktivitas.

### ABSTRACT

*Smallholding rubber productivity in Indonesia is still relatively low due to low cultivation technology adoption. The characteristics of smallholder plantations, with limited land tenure and capital, require a specific approach compared to large plantations. This article is aimed to inform rubber cultivation innovations to improve smallholder rubber productivity. Land conservation can increase the opportunity for developing rubber in sub-optimal environments such as peatlands, tides and high-elevated areas. Plant breeding activities in Indonesia have resulted IRR superior clones series with high yield potential (more than 1,500 kg/ha/yr), vigorous growth, and resistance to main diseases. Modification of planting space can increase land productivity and alternative income for farmers during immature period. To obtain the high yield, the clonal typology harvesting system supported by latex diagnosis can*

*optimize the potential of clones and prevent tapping panel dryness (TPD). To increase technology adoption at the farm level, the role of extension workers, farmer groups, and support from the government is required.*

**Keywords:** Rubber, farmers, technology, productivity

### PENDAHULUAN

Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) termasuk komoditas ekspor andalan nasional. Pengembangannya didominasi oleh perkebunan rakyat dengan luas areal pada tahun 2019 mencapai 3.121.523 ha atau 84,75% dari total luas areal pertanaman karet di Indonesia dengan produktivitas 1.104 kg/ha (Direktorat Jenderal Perkebunan 2018). Rendahnya produktivitas karet rakyat terutama disebabkan karena belum dibudidayakan dengan baik (Nofriadi 2016; Simamora *et al.* 2017). Upaya memajukan perkebunan karet rakyat merupakan tantangan bagi peneliti, akademisi, penyuluh, dan segenap pemangku kepentingan lainnya.

Karakteristik perkebunan karet rakyat, terutama penguasaan lahan dan modal usaha, memerlukan pendekatan yang berbeda dengan perkebunan besar. Oleh sebab itu diperlukan teknologi budi daya yang sesuai pada perkebunan karet rakyat. Beberapa teknologi yang diterapkan pada perkebunan besar juga dapat diterapkan di perkebunan rakyat seperti penggunaan klon unggul, bahan tanam berkualitas, dan pemeliharaan tanaman yang baik. Namun dalam beberapa hal perlu dilakukan penyesuaian, misalnya penerapan pola tanam dan sistem panen yang sesuai dengan perkebunan rakyat.

Penelitian karet telah menghasilkan klon-klon unggul berpotensi hasil tinggi dengan karakter spesifik seperti tahan terhadap penyakit (Dalimunthe *et al.* 2015; Woelan *et al.* 2016), pertumbuhan yang jagur (Daslin 2013), dan potensi kayu yang tinggi (Daslin 2014b). Teknologi pembibitan juga mengalami kemajuan, dari sebelumnya menggunakan stum okulasi mata tidur (SOMT), saat ini

dengan pembibitan langsung di polibeg untuk mendapatkan perakaran yang lebih baik (Siagian dan Bukit 2015). Bahkan untuk pengiriman yang lebih efisien, pembibitan karet mulai menggunakan metode *root trainer* (George *et al.* 2013; Nabayi *et al.* 2018).

Pola tanam sangat menentukan produktivitas karena mempengaruhi populasi per satuan luas dan pertumbuhan tanaman. Selain itu, modifikasi pola tanam memberi peluang bagi optimasi areal melalui pola tumpangsari berbasis karet yang dapat menjadi sumber pendapatan bagi petani selama tanaman belum menghasilkan (TBM) (Xianhai *et al.* 2012; Tian *et al.* 2016). Pemeliharaan tanaman yang meliputi pengendalian gulma, pemupukan, dan pengendalian penyakit menentukan pertumbuhan tanaman dan potensi hasil lateks. Setelah memasuki periode menghasilkan, teknik penyadapan merupakan kunci dalam merealisasikan potensi hasil tanaman (Siagian 2017). Sistem sadap dapat dibedakan berdasarkan metabolisme lateks untuk mengoptimalkan produksi (Tistama *et al.* 2019).

Adopsi teknologi di tingkat petani masih terkendala oleh keterbatasan modal, lahan, dan tenaga kerja (Iskandar 2011). Faktor lainnya adalah tingkat pendidikan dan aksesibilitas ke sumber teknologi (Burhansyah 2014), dan pengalaman petani (Nugraha *et al.* 2016). Dalam tulisan ini disajikan teknologi budi daya karet yang meliputi pengolahan lahan, klon unggul dan pembibitan, pola tanam dan pemeliharaan, serta teknik pemanenan lateks yang dapat meningkatkan produktivitas karet rakyat. Informasi ini berguna bagi petani, penyuluh, dan pihak terkait dalam meningkatkan produktivitas karet rakyat.

## ADAPTABILITAS KARET PADA LAHAN SUBOPTIMAL

Tanaman karet diyakini berasal dari hulu sungai Amazon, di wilayah tropis Amerika Selatan. Komoditas ini telah menyebar dan dibudidayakan di negara-negara tropis, terutama di Asia Tenggara. Pada tahun 2019, total luas tanaman karet di dunia diperkirakan mencapai sekitar 12 juta hektar, 91% di antaranya dibudidayakan di Asia, 6% di Afrika, dan 3% di Amerika (Pinizzotto 2019). Tanaman karet mempunyai adaptasi yang luas, ketinggian tempat yang ideal untuk pengembangan tanaman ini berkisar antara 0-400 meter dari permukaan laut (m dpl) dengan solum tanah yang cukup dalam dan ketinggian muka air tanah >100 cm (Sugiyanto 1987; Thomas *et al.* 2000; Astuti *et al.* 2014).

Secara umum wilayah Indonesia sangat sesuai untuk budi daya karet. Selain ekosistem yang sesuai, beberapa lahan suboptimal seperti lahan pasang surut, lahan gambut, dan lahan pada ketinggian di atas >400 m dpl juga potensial bagi pengembangan tanaman karet. Nugroho *et al.* (2015) menyatakan pengaturan drainase dan modifikasi bahan tanam dan cara penanaman adalah kunci

keberhasilan budi daya karet pada lahan pasang surut. Menurut Wijaya *et al.* (2008), pembuatan parit drainase berukuran 5 m pada lahan pasang surut dengan tipe luapan C dan D, dan bibit karet ditanam di atas guludan menunjukkan pertumbuhan yang cukup baik selama TBM, namun waktu matang sadap mundur 1-2 tahun dibanding di tanah mineral. Pada lahan pasang surut, bahan tanam dengan batang bawah yang ditanam langsung di polibeg lebih dianjurkan dibanding stum okulasi mata tidur (SOMT).

Hasil pengamatan pada tanaman karet di dataran tinggi (>400 m dpl) menunjukkan kecenderungan gangguan pertumbuhan akibat suhu rendah. Hasil simulasi yang dilakukan Thomas *et al.* (2000) menunjukkan pada ketinggian tempat 810 m dpl di Lampung, matang sadap tanaman karet dicapai pada umur 7,9 tahun, lebih lama dibanding normal yang berkisar antara 5,0-5,5 tahun. Namun berdasarkan skenario perubahan iklim global, Yang *et al.* (2019) memperkirakan karet yang ditanam pada ketinggian tempat > 900 m dpl akan mengalami peningkatan biomassa sekitar 28% dan hasil 48%. Hal ini membuka peluang bagi perbaikan pertumbuhan karet di daerah dengan ketinggian > 400 mdpl. Strategi budi daya karet di dataran tinggi meliputi konservasi tanah dan pemilihan klon toleran. Nugroho *et al.* (2015) menyatakan konservasi tanah pada lahan elevasi tinggi bertujuan menekan erosi melalui kombinasi konservasi mekanik (pengolahan tanah dan pembuatan teras) dan biologis (penggunaan tanaman penutup tanah). Klon BPM 1, RRIC 100, dan IRR 39 dilaporkan memiliki pertumbuhan cukup baik pada elevasi tinggi (Wijaya *et al.* 2008).

## KLON UNGGUL DAN BAHAN TANAM BERKUALITAS

Boerhendhy dan Amypalupy (2011) menyatakan bahwa produktivitas kebun karet dapat ditingkatkan melalui penggunaan bahan tanam yang seragam, klon unggul dengan produktivitas tinggi, komposisi klon dan umur tanaman yang seimbang, dan penempatan klon pada agroekosistem yang sesuai. Pemuliaan tanaman karet telah menghasilkan klon unggul berpotensi hasil tinggi dengan rata-rata di atas 1.500 kg/ha per tahun, dan memiliki keunggulan lain, di antaranya pertumbuhan jagur dengan rata-rata pertumbuhan lilit batang di atas 10 cm per tahun, sehingga umur matang sadap kurang dari 5 tahun, tahan terhadap penyakit, dan potensi kayu tinggi (Tabel 1). Ketahanan terhadap penyakit sangat penting di daerah endemik, sedangkan respon stimulan dapat dijadikan strategi dalam peningkatan produksi (Zhu dan Zhang 2009; Dian *et al.* 2017). Selain itu, potensi produksi kayu tanaman karet juga penting karena merupakan sumber pendapatan untuk modal peremajaan tanaman (Woelan *et al.* 2012; Nancy *et al.* 2013).

**Tabel 1. Karakteristik beberapa klon unggul karet.**

Klon	Pertambahan lilit batang (cm/th)	Produktivitas berdasarkan agroklimat (kg/ha/thn)			Potensi kayu (m <sup>3</sup> /ha)	Ketahanan terhadap Penyakit		
		Kering	Sedang	Basah		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>Corynespora cassiicola</i>	<i>Oidium heveae</i>
IRR 107	11.40	-	1,871	-	321.00	Moderat tahan	Moderat	Moderat tahan
IRR 110	12.00	1,871	2,338	1,657				
IRR 111	11.50	1,642	2,151	1,722				
IRR 112	12.58	2,453	2,734	2,141	327.00	Moderat tahan	Moderat tahan	Tahan
IRR 117	9.50	1,350	1,534	1,365				
IRR 118	12.23	2,200	2,059	1,899	306.00	Moderat tahan	Moderat	Tahan
IRR 119	11.75		1,715		312.00	Moderat tahan	Tahan	Tahan

Sumber: Lasminingsih *et al.* (2001), Daslin (2014a), Sayurandi *et al.* (2015), Sayurandi dan Tistama (2018).

Klon unggul juga dapat dikelompokkan berdasarkan agroekosistem spesifik seperti daerah kering (Sakiroh *et al.* 2014; Daslin dan Pasaribu 2015), tanah masam, dan daerah lintasan angin. Namun belum semua petani menggunakan klon unggul dan masih menggunakan bibit cabutan sehingga pertumbuhannya tidak seragam dan produksi tergolong rendah (Syarifa *et al.* 2011). Sudjarmoko *et al.* (2013) menyatakan keinginan petani menggunakan benih unggul dipengaruhi oleh harapan mereka, pengaruh sosial dan teknis, dan harga.

Petani yang telah mendapatkan penyuluhan biasanya membeli stum okulasi mata tidur (SOMT), kemudian disemaikan di polibeg sampai siap tanam. Namun karena kurangnya pengetahuan petani, mata entres yang mati tetap dipelihara sehingga tunas yang tumbuh adalah mata liar yang pada prinsipnya sama dengan biji sapan

(*seedling*). Sumarmadji dan Azwar (1994) mengidentifikasi ciri-ciri tunas liar antara lain warna batang cokelat kemerahan, sudut batang sempit (19-25°), jumlah tangkai daun payung pertama sedikit (5-7 tangkai), dan jarak antartangkai daun renggang (Gambar 1A). Tunas dari mata entres yang baik berwarna batang hijau, sudut batang bawah lebar (36-49°), jumlah tangkai daun payung pertama banyak (8-12 tangkai), dan jarak antartangkai daun sempit (Gambar 1B).

Petani membeli SOMT karena harga dan ongkos kirimnya lebih murah dibanding bibit polibeg. Kekurangan SOMT adalah tingkat kematian yang tinggi jika dikirim jauh. Perakaran bibit SOMT kurang baik karena saat pemanenan stum dicabut dan dirempel (dipangkas), hanya menyisakan akar tunggang. Perakaran yang baik akan memberikan pertumbuhan awal yang pesat pada saat



**Gambar 1.** Penampakan visual tunas *seedling* atau tunas liar (A) dan tunas dari mata entres klon hasil okulasi (B). Foto: Balit Sungei Putih, Puslit Karet.

dipindah ke lapangan. Bahkan kini mulai berkembang teknologi *root trainer* (Salisu *et al.* 2016). Bibit *root trainer* memiliki beberapa keunggulan, antara lain proses pembibitan cepat dan perakaran baik (Gambar 2A) serta kemudahan pengiriman (Gambar 2B) (Ardika dan Herlinawati 2014). Bibit *root trainer* sesuai dikembangkan petani karena dapat dikirim ke sentra-sentra perkebunan rakyat yang terpencil dan memudahkan penanaman di lapangan.

## PENGATURAN POLA TANAM

Bentuk pola tanam normatif yang umum digunakan dalam budi daya karet adalah segi empat 5,5-6,0 m x 3,5-4,0 m. Namun jarak tanam dapat dimodifikasi sehingga selama tanaman belum menghasilkan (TBM), areal gawangan atau lahan di antara pohon karet dapat dimanfaatkan budi daya tumpangsari selama tajuk antarbarisan belum bertemu (Langenberger *et al.* 2017). Penelitian tumpangsari tanaman karet dengan tanaman lain yang bernilai ekonomi telah banyak dilakukan, bahkan tanaman karet dapat diintegrasikan dengan usaha peternakan (Dianita 2012).

Penelitian Sahuri (2017b) menunjukkan modifikasi sistem tanam dengan jarak tanam ganda (Gambar 3), jarak antara baris ganda 18 m, jarak antara baris sempit 2 m, dan

jarak antara tanaman 2,5 m (populasi 400 tanaman/ha) sesuai untuk budi daya tumpangsari dalam jangka panjang. Pertumbuhan lilit batang tanaman antara jarak tanam ganda dan tunggal tidak berbeda nyata. Penelitian lain menunjukkan tanaman karet yang ditumpangsarikan dengan sorgum memiliki lilit batang lebih tinggi dibanding pola monokultur setelah 4 bulan penanaman (Sahuri, 2017a). Penelitian Cahyo *et al.* (2011) menunjukkan produktivitas per pohon per sadap tanaman karet klon BPM 24 dengan jarak tanam ganda mencapai 90% (35,72 g/p/s) dibanding jarak tanam normal (39,69 g/p/s). Hal ini sejalan dengan penelitian Sahuri (2017b) yang menunjukkan produktivitas karet per pohon per sadap (g/p/s) tidak berbeda nyata antara jarak tanam ganda dan tunggal.

Nilai tambah pola tanam tumpangsari antara lain: 1) tanaman sela dapat memenuhi kebutuhan pangan sehari-hari, 2) jika areal yang diusahakan cukup luas dapat menjadi sumber pendapatan petani selama tanaman karet menghasilkan, 3) dapat menekan pertumbuhan gulma sehingga menghemat biaya pemeliharaan. Penelitian tumpangsari berbasis karet telah banyak dilakukan, di antaranya dengan pisang (Rodrigo *et al.* 2005), padi (Sahuri *et al.* 2016), cabai rawit (Sahuri dan Rosyid 2015), kakao (Zakariyya *et al.* 2016), dan sorgum (Tistama *et al.* 2016).



**Gambar 2.** Perakaran bibit *root trainer* (A) dan pengangkutan bibit *root trainer* (B). Foto: Balit Getas, Puslit Karet.



Gambar 3. Pola tanam ganda untuk *intercropping* jangka panjang. Sumber: Sahuri (2017b).

**PEMELIHARAAN TANAMAN**

Percepatan masa TBM dapat dilakukan melalui penerapan teknologi anjuran yang meliputi persiapan bahan tanam dan lahan yang baik serta pemeliharaan yang intensif (Boerhendy *et al.* 2012). Pemeliharaan utama pada tanaman karet secara umum meliputi pengendalian gulma, pemupukan, dan pengendalian hama penyakit. Pada tanaman muda sampai berumur satu tahun, pengendalian secara manual dianjurkan. Pengendalian secara kimiawi dengan herbisida dapat dilakukan setelah batang berwarna cokelat (tanaman berumur lebih dari satu tahun). Untuk menekan pertumbuhan gulma dan meningkatkan kesuburan tanah, areal gawangan dapat ditanami dengan kacang penutup tanah. Saat ini, kacang penutup tanah yang populer digunakan di perkebunan karet adalah *Mucuna bracteata* karena mudah diperbanyak, pertumbuhan cepat, dan dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah (Dongsansuk *et al.* 2016; Harist *et al.* 2017; Sakiah *et al.* 2018).

Pemupukan tanaman karet dapat mempercepat masa TBM dan meningkatkan produksi 15-30% sebagaimana dilaporkan Adiwiganda *et al.* (1994). Untuk menentukan dosis pemupukan sebaiknya dilakukan analisis tanah dan daun guna mengetahui ketersediaan hara pada lahan setempat. Pada perkebunan karet rakyat, analisis hara jarang dilakukan sehingga dapat mengacu pada pedoman umum pemupukan tanaman karet (Tabel 2).

Penyakit gugur daun dan jamur akar putih merupakan penyakit paling berbahaya pada tanaman karet. Penyakit gugur daun disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum gloeosporioides*, *Oidium hevea*, dan *Corynespora cassicola*. Pengendalian secara kimiawi dengan fungisida selain memerlukan biaya besar juga sulit dilakukan secara teknis, terutama di areal tanaman dewasa sehingga upaya antisipasi melalui penggunaan klon tahan sangat penting. Penyakit jamur akar putih yang disebabkan oleh *Rigidoporus microporus* sangat berbahaya dan dapat menurunkan populasi secara signifikan (Fairuzah *et al.* 2012). Pengendalian secara hayati dengan cendawan antagonis *Trichoderma sp* efektif menekan penyakit jamur akar putih (Fairuzah *et al.* 2014; Yulia *et al.* 2017).

**SISTEM PANEN LATEKS TIPOLOGI KLON**

Diagnosis lateks adalah metode untuk melihat potensi hasil dan tingkat cekaman yang dialami tanaman melalui pengukuran kadar sukrosa, fosfat anorganik, dan tiol lateks (Herlinawati dan Kuswanhadi 2013). Kadar sukrosa menunjukkan ketersediaan bahan baku untuk biosintesis lateks. Fosfat anorganik (Fa) menunjukkan potensi tanaman untuk mengubah bahan baku sukrosa menjadi partikel karet, sedangkan kadar tiol menggambarkan tingkat cekaman yang dialami tanaman akibat penyadapan.

Tabel 2. Dosis umum pemupukan tanaman karet.

	Unsur haraUmur tanaman (tahun)						
	1	2	3	4	5	5-15	16-25
	..... dosis (g/p/tahun) .....						
Urea	250	250	250	300	300	350	350
SP-36	150	250	250	250	250	260	190
KCl	100	200	200	250	250	300	250
Kieserit	50	75	100	100	100	75	75

Sumber: Purnamayani dan Asni (2013).

Berdasarkan diagnosis lateks, klon-klon karet telah diidentifikasi dan dikelompokkan berdasarkan tingkat metabolismenya menjadi klon metabolisme tinggi, sedang, dan rendah (Tabel 3). Klon metabolisme sedang dan rendah umumnya memiliki kadar sukrosa tinggi sampai sedang dan kadar Fa rendah sampai sedang yang menandakan tingkat suplai fotosintat tinggi namun laju sintesis karet rendah sampai sedang. Sebaliknya, klon metabolisme tinggi memiliki kadar sukrosa sedang dan kadar Fa tinggi, yang menandakan klon-klon jenis ini memiliki laju biosintesis karet cukup tinggi.

Pengelompokan klon berimplikasi pada sistem sadap, tata guna panel, dan produksi sepanjang siklus ekonomi tanaman (Sumarmadji *et al.* 2012). Klon metabolisme tinggi cenderung tidak responsif terhadap stimulan, potensi hasilnya tinggi namun rentan terjadi kering alur sadap (KAS). Untuk memperoleh produksi yang tinggi dapat digunakan sistem sadap ke arah atas dengan pemberian stimulan minimal (Obouayeba *et al.* 2008). Klon metabolisme sedang dan rendah memiliki respon yang baik terhadap stimulan dan kulit pulihan yang potensial. Produksi tinggi dapat diperoleh dengan irisan ganda yang dikombinasikan dengan penggunaan stimulan yang lebih intensif (Nhean *et al.* 2016; Nhean *et al.* 2017).

Petani tradisional umumnya menyadap sekadar mengeluarkan getah dan berupaya mendapatkan hasil sebanyak-banyaknya. Penyadapan dilakukan setiap hari bahkan dalam satu hari sampai dua atau tiga kali sadap, padahal tanaman membutuhkan waktu pemulihan dan mensintesis karet dalam jaringan *laticifer*-nya (Chow *et al.* 2012). Penyadapan kadang dilakukan sore hari dimana tekanan turgor sel rendah (An *et al.* 2014). Praktek penyadapan seperti ini menimbulkan cekaman yang menyebabkan produksi rendah dan meningkatkan kering alur sadap (KAS) sebagaimana yang dilaporkan Zhang *et al.* (2016). Penyadapan sebaiknya dilakukan pada pagi hari pada saat tekanan turgor tinggi untuk mendapatkan kecepatan aliran lateks yang tinggi, lama aliran lateks panjang, dan produksi maksimal.

Untuk mencegah KAS, kondisi fisiologis tanaman dapat dipantau melalui diagnosis lateks secara berkala. Jika tanaman sudah mengalami cekaman cukup tinggi, intensitas sadap harus diturunkan, misalnya dengan menurunkan frekuensi penyadapan dari penyadapan tiga hari sekali (d3) menjadi empat hari sekali (d4), menurunkan

panjang irisan sadap dari irisan ganda (*double cut*) menjadi irisan tunggal (*single cut*), atau mengurangi frekuensi penggunaan stimulan. Sebaliknya, jika terjadi penumpukan bahan baku dan energi (Fa) mengindikasikan potensi tanaman belum tergal optimal sehingga intensitas sadap dapat ditingkatkan (Andriyanto dan Tistama 2014). Metode ini diimplementasikan melalui tata guna panel untuk menggali potensi produksi di semua panel sadap (kulit) dalam satu siklus ekonomi tanaman (Michels *et al.* 2012; Lacote *et al.* 2013). Penyadapan dalam satu siklus tanaman harus dapat memaksimalkan potensi produksi setiap panel. Untuk tanaman karet petani, frekuensi sadap yang dianjurkan minimal dua hari sekali (d2) tanpa stimulan atau tiga hari sekali (d3) jika menggunakan stimulan. Panel B0-1 dan B0-2 diharapkan dapat digunakan minimal 10 tahun dengan irisan setengah spiral ke arah bawah (S/2), selanjutnya menggunakan irisan seperempat spiral ke arah atas (S/4U). Dengan tata guna panel yang baik, produksi yang diperoleh berkelanjutan karena pasokan asimilat ke jaringan *laticifer* tidak terganggu.

### UPAYA PENINGKATAN ADOPSI TEKNOLOGI BUDI DAYA UNTUK KARET RAKYAT

Kendala adopsi teknologi budi daya, khususnya di perkebunan rakyat, terutama disebabkan oleh keterbatasan informasi, keterampilan, dan modal. Penyuluhan dan diseminasi merupakan cara yang efektif menyebarluaskan teknologi pertanian (Indraningsih *et al.* 2013). Penyebaran informasi melalui buku panduan, petunjuk teknis, leaflet, dan poster juga merupakan upaya percepatan adopsi teknologi (Sudjarmoko *et al.* 2013). Sejalan dengan itu, peningkatan keterampilan petani melalui pelatihan (Gambar 4) perlu digalakkan dengan melibatkan dinas pertanian, pusat-pusat penelitian, perguruan tinggi, dan organisasi nonpemerintah (Narso *et al.* 2012).

Peran lembaga keuangan mikro agribisnis sangat penting di sentra-sentra perkebunan karet rakyat (Hermawan dan Andriyanta, 2012) untuk mengatasi kendala modal petani, terutama untuk biaya input produksi dan upah tenaga kerja. Upaya lainnya adalah membentuk kelompok tani (Subekti *et al.* 2015). Pemberdayaan

**Tabel 3. Contoh klon berdasarkan tingkat metabolisme lateks.**

Jenis	Contoh klon
Klon metabolisme tinggi	PB 260, PB 340, RRIM 901, RRIM 911, RRIM 712, IRCA 230, PR 261
Klon metabolisme sedang	GT 1, PB 330, PB 254, RRIC 100, RRIC 110, RRIC 121, BPM 1, BPM 24, PR 255, IRCA 18, IRCA 109
Klon metabolisme rendah	AVROS 2037, AF 261, PB 217, PB 86, PR 107

Sumber: Gohet *et al.* (2015).



**Gambar 4.** Kegiatan pelatihan teknis budi daya karet bagi kelompok tani di Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet. Foto: Balit Sungei Putih, Puslit Karet.

kelompok tani diharapkan dapat meningkatkan akses ke pusat-pusat inovasi teknologi dan mendapatkan pembinaan oleh penyuluh dan bantuan dari pemerintah (Nuryanti dan Swastika 2016). Selain itu, pembentukan kelompok tani juga diharapkan dapat menurunkan biaya tenaga kerja melalui mekanisme gotong royong antaranggota.

Untuk mendukung keberhasilan adopsi teknologi, jaminan dari pemerintah sangat diperlukan petani karet, misalnya melalui asuransi pertanian (Djunaedi 2016). Asuransi pertanian menjamin keberlangsungan budi daya karet di tingkat petani apabila terjadi bencana seperti banjir, kebakaran, dan serangan hama penyakit. Dengan asuransi, petani dapat melakukan penanaman ulang di kebunnya setelah bencana berakhir.

Di beberapa sentra perkebunan karet rakyat, petani telah mengadopsi teknologi budi daya karet yang baik, antara lain di Sumatera Selatan (Syarifa *et al.* 2012), Jambi, Kalimantan Barat (Iskandar 2011), Kalimantan Selatan, Sumatera Barat, dan Kepulauan Riau (Ferry dan Samsudin 2014). Adopsi teknologi tercermin dari penggunaan klon unggul, pengaturan jarak tanam, dan pemeliharaan tanaman yang baik. Dengan praktek budi daya yang baik, produktivitas karet rakyat diharapkan meningkat mendekati produktivitas perkebunan besar.

## KESIMPULAN

Produktivitas perkebunan karet rakyat masih tergolong rendah, terutama disebabkan oleh rendahnya adopsi

teknologi budi daya di tingkat petani. Beberapa teknologi memerlukan penyesuaian terhadap karakteristik perkebunan karet rakyat. Hasil penelitian dan pengembangan tanaman karet telah menghasilkan inovasi yang dapat meningkatkan produktivitas meliputi pengolahan lahan, penggunaan klon unggul, bahan tanam prima, pemeliharaan tanaman yang baik, dan sistem sadap tipologi klonal berkelanjutan. Upaya peningkatan adopsi teknologi budi daya untuk perkebunan karet rakyat dapat dilakukan dengan meningkatkan penyebarluasan informasi teknologi budi daya karet, peningkatan peran penyuluh dan kelompok tani, serta bantuan dari pemerintah untuk mengatasi keterbatasan modal petani.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, Y.T., Hardjono, A., Manurung, A., Sihotang, U.T.B.D., Sudiharto, Goenadi, D.H. dan Sihombing, H. (1994). Teknik penyusunan rekomendasi pemupukan tanaman karet. *Forum Komunikasi Karet*. pp. 1-7.
- An, F., Cahill, D., Rookes, J., Lin, W. and Kong, L. (2014). Real-time measurement of phloem turgor pressure in *Hevea brasiliensis* with a modified cell pressure probe. *Botanical Studies* **55**(1): 1-11. doi: <https://doi.org/10.1186/1999-3110-55-19>.
- Andriyanto, M. dan Tistama, R. (2014). Perkembangan dan upaya pengendalian kering alur sadap (KAS) pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). *Warta Perkebunan* **33**(2): 89-102. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i2.54>.
- Ardika, R. dan Herlinawati, E. (2014). Alternatif penyediaan bahan tanam karet dengan sistem *root trainer*. *Warta Perkebunan* **33**(2): 73-78. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i2.52>.

- Astuti, M., Hafiza, Yuningsih, E., Wasingun, A.R., Nasution, I.M. dan Mustikawati, D. (2014). *Pedoman Budidaya Karet* (Hevea Brasiliensis) *Yang Baik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Boerhendhy, I. dan Ampalupy, K. (2011). Optimalisasi produktivitas karet melalui penggunaan bahan tanam, pemeliharaan, sistem eksploitasi, dan peremajaan tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian* **30**(1): 23–30. doi: <https://doi.org/10.21082/jp3.v30n1.2011.p23-30>.
- Boerhendy, I., Agustina, D.S. dan Setiono (2012). Paket teknologi karet untuk mempersingkat masa tanaman belum menghasilkan kurang dari empat tahun. *Prosiding Konferensi Nasional Karet, Yogyakarta 19 - 20 September 2012*. Bogor: Pusat Penelitian Karet, pp. 269–278.
- Burhansyah, R. (2014). Faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi inovasi pertanian pada Gapoktan PUAP dan non PUAP di Kalimantan Barat (studi kasus: Kabupaten Pontianak dan Landak). *Informatika Pertanian* **23**(1): 65–74. doi: <https://doi.org/10.21082/ip.v23n1.2014.p65-74>.
- Cahyo, A.N., Ardika, R. dan Wijaya, T. (2011). Konsumsi air dan produksi karet pada berbagai sistem pengaturan jarak tanam dalam kaitannya dengan kandungan air tanah. *Jurnal Penelitian Karet* **29**(2): 110–117. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v29i2.243>.
- Chow, K.S., Mat-Isa, M.N., Bahari, A., Ghazali, A.K., Alias, H., Mohd.-Zainuddin, Z., Hoh, C.C., and Wan, K.L. (2012). Metabolic routes affecting rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis* latex. *Journal of Experimental Botany* **63**(5): 1863–1871. doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/err363>.
- Dalimunthe, C.I., Fairuzah, Z. dan Daslin, A. (2015). Ketahanan lapangan tanaman karet klon IRR seri 100 terhadap tiga patogen penting penyakit gugur daun. *Jurnal Penelitian Karet* **33**(1): 35–46. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i1.169>.
- Daslin, A. (2013). Produktivitas klon karet pada berbagai kondisi lingkungan di perkebunan. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian* **18**(1): 1–6. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.30596/agrium.v18i1.337>.
- Daslin, A. (2014a). Perkembangan penelitian klon karet unggul IRR seri 100 sebagai penghasil lateks dan kayu. *Warta Perkaratan* **33**(1): 1–10. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i1.44>.
- Daslin, A. (2014b). Produktivitas klon karet IRR seri 100 dan 200 pada berbagai agroklimat dan sistem sadap. *Warta Perkaratan* **33**(1): 11–18. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v33i1.45>.
- Daslin, A. dan Pasaribu, S.A. (2015). Uji adaptasi klon karet IRR seri 100 pada agroklimat kering di Kebun Sungei Baleh Kabupaten Asahan Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Karet* **33**(1): 25–34. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i1.168>.
- Dian, K., Yedoh Gnagne, M., Okoma, M.K. and Sagare, A. (2017). Effect of ethephon stimulation on downward tapping in latex production metabolism on upward tapping in PB 217 clone of *Hevea Brasiliensis*. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology* **2**(6): 2944–2957. doi: <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.6.22>.
- Dianita, R. (2012). Keragaman fungsi tanaman pakan dalam sistem perkebunan. *Pastura* **2**(2): 66–69.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2018). *Statistik Perkebunan Indonesia 2015 - 2017: Karet*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Djunaedi, P. (2016). Analisis asuransi pertanian di Indonesia: konsep, tantangan, dan prospek. *Jurnal Borneo Administrator* **12**(1): 9–27. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.24258/jba.v12i1.209>.
- Dongsansuk, A., Ayuthaya, S.I.N., Kaewjumpa, N. and Polthancee, A. (2016). Photosynthetic efficiency of PSII and growth of young rubber tree (*Hevea brasiliensis*) planted with *Mucuna (Mucuna bracteata)* cover crop. *KKU Research Journal* **21**(3): 12–27.
- Fairuzah, Z., Dalimunthe, C.I. dan Karyudi (2012). Efektivitas beberapa fungi antagonis (*Trichoderma* sp.) terhadap penyakit jamur akar putih di laboratorium. *Prosiding Seminar Nasional Mikologi: Biodiversitas Dan Bioteknologi Sumberdaya Hayati Fungi Dan Pembentukan Perhimpunan Mikologi Indonesia.. Purwokerto, 15-16 Mei 2012*. pp. 614–621.
- Fairuzah, Z., Dalimunthe, C.I., Karyudi, K., Suryaman, S. dan Widhayati, W.E. (2014). Keefektifan beberapa fungi antagonis (*Trichoderma* sp.) dalam biofungisida Endohevea terhadap penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) di lapangan. *Jurnal Penelitian Karet* **32**(2): 122–128. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v32i2.158>.
- Ferry, Y. dan Samsudin (2014). Keragaan awal tanaman karet rakyat dan penerapan teknologi budidayanya di Kabupaten Karimun. *Sirinov* **2**(2): 101–112.
- George, S., Idicula, S.P., Soman, T.A. and Syamala, V.K. (2013). Field performance of polybag and root trainer rubber plants at different stages of growth. *Rubber Science* **26**(2): 197–203.
- Gohet, E., Cavaloc, E., Cardoso, S., Cairo, I., Garcia, D., Rivano, F., Lacote, R., and Lesturgez, G. (2015). A first physiological assessment of latex clonal metabolic typology and rubber yield potential of ‘CMS’ rubber tree clones. *Proceeding International Rubber Conference, Ho Chi Minh 2 - 3 November 2015*. Ho Chi Minh: Agriculture Publishing House, pp. 287–294.
- Harist, A., Wawan dan Wardati (2017). Sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) pada beberapa kondisi penutupan lahan dengan *Mucuna bracteata*. *Jurnal Online Fakultas Pertanian Universitas Riau* **4**(2): 1–14.
- Herlinawati, E. dan Kuswanhadi, K. (2013). Aktifitas metabolisme beberapa klon karet pada berbagai frekuensi sadap dan stimulasi. *Jurnal Penelitian Karet* **31**(2): 110–116. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v31i2.138>.
- Hermawan, H. dan Andriyanta, H. (2012). Lembaga keuangan mikro agribisnis: terobosan penguatan kelembagaan dan pembiayaan pertanian di pedesaan. *Analisis Kebijakan Pertanian* **10**(2): 143–158. doi: <https://doi.org/10.21082/akp.v10n2.2012.143-158>.
- Indraningsih, K.S., Pranadji, T. dan Sunarsih (2013). Revitalisasi sistem penyuluhan pertanian dalam perspektif membangun industrialisasi pertanian pedesaan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* **31**(2): 89–110. doi: <https://doi.org/10.21082/fae.v31n2.2013.89-110>.
- Iskandar, D. (2011). Penggunaan bibit karet unggul oleh petani karet di Jambi dan Kalimantan Barat; motivasi dan hambatan. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* **13**(3): 165–170.
- Lacote, R., Doumbia, A., Obouayeba, S., Gohet, E., Michels, T. and Gohet, E. (2013). Tapping panel diagnosis, decision support tool for more sustainable rubber tapping system. *IRRDB-MRPPA International Workshop on The Development of Smallholder Rubber Industry in Myanmar*. Mawlamyine, Myanmar, pp. 1–8.
- Langenberger, G., Cadisch, G., Martin, K., Min, S. and Waibel, H. (2017). Rubber intercropping: a viable concept for the 21st century? *Agroforestry Systems* **91**: 577–596. doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9961-8>.
- Lasminingsih, M., Woelan, S., Daslin, A., Hadi, H. dan Boerhendhy, I. (2001). Evaluasi dan Keragaan klon karet harapan penghasil lateks dan kayu. *Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Karet 2001*. Medan: Pusat Penelitian Karet, pp. 82–93.
- Michels, T., Eschbach, J.M., Lacote, R., Benneveau, A. and Papy, F. (2012). Tapping panel diagnosis, an innovative on-farm decision support system for rubber tree tapping. *Agronomy for Sustainable Development* **32**(3): 791–801. doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0069-2>.
- Nabayi, A., Teh, C.B.S., Husni, M.H.A. and Sulaiman, Z. (2018). Plant growth, nutrient content and water use of rubber (*Hevea*



- brasiliensis) seedling grown using root trainer and different irrigation systems. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* **4** 1(1): 251–270.
- Nancy, C., Agustina, D.S. dan Syarif, L.F. (2013). Potensi kayu hasil peremajaan karet rakyat untuk memasok industri kayu karet: studi kasus di Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet* **31**(1): 68–78. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v31i1.134>.
- Narso, Saleh, A., Asngari, P.S. dan Muljono, P. (2012). Strategi pengembangan peran penyuluh pertanian lapang di Provinsi Banten. *Jurnal Penyuluhan* **8**(2): 176–183. doi: <https://doi.org/10.25015/penyuluhan.v8i2.9889>.
- Nhean, S., Ayutthaya, S.I.N., Songsri, P., Gonkhamdee, S. and Sdoodee, S. (2016). First testing of the double cut alternative tapping system on rubber tree clone RRIM 600 in marginal area, Northeast Thailand. *KKU Research Journal* **21**(3): 28–35.
- Nhean, S., Ayutthaya, S.I.N., Songsrn, P., Gonkhamdee, S. and Sdoodee, S. (2017). Efficiency of double cut alternative tapping system to improve latex productivity of rubber tree clone RRIT 251 in marginal area, Thailand. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology* **22**(03): 1–6.
- Nofriadi (2016). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi karet di Kecamatan Mestong Kabupaten Muaro Jambi (Studi kasus Desa Muaro Sebapo). *e-Jurnal Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan* **5**(1): 1–12.
- Nugraha, I.S., Alamsyah, A., Agustina, D.S. dan Syarif, L.F. (2016). Faktor-faktor penentu yang mempengaruhi petani menanam tanaman sela di antara karet di Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet* **34**(1): 77–88. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v0i0.217>.
- Nugroho, P.A., Istianto, Rosyid, M.J. dan Wijaya, T. (2015). Pemanfaatan lahan sub-optimal untuk pengusahaan tanaman karet: suatu rangkuman hasil survei dan penelitian. *Jurnal Pertanian Tropik* **2** (2): 110–115.
- Nuryanti, S. dan Swastika, D.K.S. (2016). Peran kelompok tani dalam penerapan teknologi pertanian. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* **29** (2): 115–128. doi: <https://doi.org/10.21082/fae.v29n2.2011.115-128>.
- Obouayeba, S., Soumahin, E.F., Boko, A.M.C., Dea, G.B., Dian, K. and Gnagne, Y.M. (2008). Improvement of productivity of rubber trees in smallholding by the introduction of upward tapping in the south-east of Cote d'Ivoire. *Journal of Rubber Research* **11** (3):163–170.
- Pinizzotto, S. (2019). *The Condition and Outlook of World Natural Rubber Supply and Demand*. Singapore.
- Purnamayani, R. dan Asni, N. (2013). *Teknologi Pemupukan Karet Unggul Dan Lokal Spesifik Lokasi*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- Rodrigo, V.H.L., Stirling, C.M., Silva, T.U.K. and Pathirana, P.D. (2005). The growth and yield of rubber at maturity is improved by intercropping with banana during the early stage of rubber cultivation. *Field Crops Research* **91**: 23–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.05.005>.
- Sahuri (2017a). Pengaturan pola tanam karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) untuk tumpang sari jangka panjang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* **22**(1): 46–51. doi: <https://doi.org/10.18343/jipi.22.1.46>.
- Sahuri (2017b). Pengaruh tanaman sela sorgum manis terhadap pertumbuhan tanaman karet belum menghasilkan. *Jurnal Agroteknologi* **8**(1): 1–10. doi: <https://doi.org/10.24014/ja.v8i1.2079>.
- Sahuri, S., Cahyo, A.N. dan Nugraha, I.S. (2016). Pola tumpang sari karet-padi sawah pada tingkat petani di lahan pasang surut (studi kasus di Desa Nusantara, Kecamatan Kecamatan Air Sugihan, Kabupaten OKI, Provinsi Sumatera Selatan). *Warta Perkaratan* **35**(2): 107–120. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v35i2.94>.
- Sahuri, S. dan Rosyid, M.J. (2015). Analisis usahatani dan optimalisasi pemanfaatan gawangan karet menggunakan cabai rawit sebagai tanaman sela. *Warta Perkaratan* **34**(2): 77–88. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v34i2.250>.
- Sakiah, Sembiring, M. dan Utomo, T. (2018). Pengaruh kacangan penutup tanah *Mucuna bracteata* terhadap beberapa sifat fisik dan kimia tanah ultisol pada perkebunan karet (*Hevea brasiliensis*). *Jurnal Agro Estate* **II**(1): 9–15.
- Sakiroh, Sasmita, K.D. dan Izzah, N.K. (2014). Tanggap morfologi, fisiologi dan molekuler klon-klon karet terhadap cekaman kekeringan. *Sirinov* **2**(1): 71–84.
- Salisu, M.A., Daud, W.N., Halim, R.A. and Sulaiman, Z. (2016). Effect of soilless media on growth and some physiological traits of rubber (*Hevea brasiliensis*) seedlings. *International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation* **3**: 95–100.
- Sayurandi, Suhendry, I. dan Woelan, S. (2015). Uji adaptasi klon karet harapan IRR seri 200 pada masa tanam belum menghasilkan di daerah beriklim basah, Kebun Aek Tarum – Kabupaten Asahan. *Jurnal Penelitian Karet* **33**(1): 11–24. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i1.167>.
- Sayurandi dan Tistama, R. (2018). Evaluasi kinerja klon karet unggul berdasarkan sistem sadap untuk mencapai produktivitas optimal. *Workshop Penguatan Pemahaman Kultur Teknis Budidaya Bagi Planters di Perkebunan Karet, Medan 16 - 17 Oktober 2018*. Medan: Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet, pp. 18–39.
- Siagian, N. (2017). *Teknologi Memanen Lateks Pada Tanaman Karet Untuk Mewujudkan Produktivitas Tinggi*. Yogyakarta: Lembaga Pendidikan Perkebunan.
- Siagian, N. dan Bukit, E. (2015). Komparasi teknis dan finansial pengadaaan benih melalui okulasi tanaman di polibeg dengan okulasi di lapangan. *Warta Perkaratan* **34**(2): 115–126. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v34i2.253>.
- Simamora, D.I.S., Yusri, J. dan Dewi, N. (2017). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi usaha tani karet di Kecamatan Pangkalan Kuras Kabupaten Pelalawan. *Jurnal Online Mahasiswa Faperta Universitas Riau* **4**(2): 1–12.
- Subekti, S., Sudarko dan Sofia (2015). Penguatan kelompok tani melalui optimalisasi dan sinergi lingkungan. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian* **8**(3): 50–56.
- Sudjarmoko, B., Listiyati, D. dan Hasibuan, A.M. (2013). Analisis faktor penentu adopsi benih unggul karet. *Buletin RISTRI* **4**(2): 117–128. doi: <https://doi.org/10.21082/jtidp.v4n2.2013.p117-128>.
- Sugiyanto, Y. (1987). Suatu usulan untuk merevisi evaluasi lahan untuk tanaman karet. *Warta perkaratan* **6**(1): 8–12.
- Sumarmadji dan Azwar, R. (1994). *Identifikasi Dini Bibit Karet Palsu (Dok. No. 9476/Agr/Krt)*. Medan: Balai Penelitian Sungei Putih, Pusat Penelitian Karet.
- Sumarmadji, Junaidi, Atminingsih, Kuswanhadi dan Rouf, A. (2012). Paket teknologi penyadapan untuk optimasi produksi sesuai tipologi klon. *Prosiding Konferensi Nasional Karet, Yogyakarta 19-20 September 2012*. Bogor: Pusat Penelitian Karet, pp. 207–216.
- Syarifa, L.F., Agustina, D.S., Nancy, C. dan Supriadi, M. (2012). Evaluasi tingkat adopsi klon unggul di tingkat petani karet Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet* **30** (1): 12–22. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v30i1.118>.
- Syarifa, L.F., Nancy, C. dan Supriadi, M. (2011). Model penumbuhan dan penguatan kelembagaan perbenihan untuk meningkatkan mutu bahan tanam dan produktivitas karet rakyat. *Jurnal Penelitian Karet* **29**(2): 130–141. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v29i2.245>.
- Thomas, Grist, P. dan Menz, K. (2000). Permodelan pertumbuhan tanaman karet berdasarkan unsur-unsur iklim. *Warta Puslit Karet* **22**(2–3): 64–76.
- Tian, Y., Yuan, H., Xie, J. and Zheng, Y. (2016). Shade tolerance and suitability of tree species for planting in rubber plantations.

- Journal of Forest Science* **78**(1): 11–18. doi: <https://doi.org/10.2989/20702620.2015.1089093>.
- Tistama, R., Dalimunthe, C.I., Sembiring, Y.V., Fauzi, I.R., Hastuti, R.D. dan Suharsono, S. (2016). Tumpangsari sorgum dan kedelai untuk mendukung produktivitas lahan TBM karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). *Jurnal Penelitian Karet* **34**(1): 61–67. doi: <https://doi.org/10.22302/jpk.v0i0.222>.
- Tistama, R., Siregar, A.P., Mawaddah, Ade-Fipriani, L. and Junaidi (2019). Physiological status of high and low metabolisme *Hevea* in the difference stage of tapping panel dryness. *Biodiversitas* **20**(1): 267–273. doi: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200143>.
- Wijaya, T., Istanto, Sudiharto dan Rosyid, M.J. (2008). Pengembangan karet di lahan sub-optimal. *Prosiding Lokakarya Nasional Agribisnis Karet 2008, Yogyakarta 20-21 Agustus 2008*. pp. 131–144.
- Woelan, S., Azwar, R., Daslin, A., Suhendry, I., Lasminingsih, M., Sayurandi dan Pasaribu, S.A. (2016). Keunggulan klon karet IRR 220 dan IRR 230. *Warta Perkaratan* **35**(2): 89–106. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v35i2.238>.
- Woelan, S., Siagian, N., Sayurandi, S. dan Pasaribu, S.A. (2012). Potensi kayu karet hasil peremajaan di tingkat perusahaan perkebunan. *Warta Perkaratan* **31**(2): 75–84. doi: <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v31i2.269>.
- Xianhai, Z., Mingdao, C., Weifu, L. and Zeng Xianhai (2012). Improving planting pattern for intercropping in the whole production span of rubber tree. *African Journal of Biotechnology* **11**(34): 8484–8490. doi: <https://doi.org/10.5897/ajb11.3811>.
- Yang, X., Blagodatsky, S., Marohn, C., Liu, H., Golbon, R., Xu, J. and Cadisch (2019). Climbing the mountain fast but smart/ : modelling rubber tree growth and latex yield under climate change. *Forest Ecology and Management* **439**: 55–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.028>.
- Yulia, E.Y., Istifadah, N., Widiyanti, F. dan Utami, H.S. (2017). Antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap jamur *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imazeki dan penekanan penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Agrikultura* **28**(1): 47–55. doi: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v28i1.13226>.
- Zakariyya, F., Puspitasari, N. dan Prawoto, A.A. (2016). Ragam model pola tumpangsari kakao-karet. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* **28**(1): 19–28.
- Zhang, Y., Leclercq, J. and Montoro, P. (2016). Reactive oxygen species in *Hevea brasiliensis* latex and relevance to tapping panel dryness. *Tree Physiology* **37**: 261–269. doi: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpw106>.
- Zhu, J. and Zhang, Z. (2009). Ethylene stimulation of latex production in *Hevea brasiliensis*. *Plant Signaling & Behavior* **4**(11): 1072–1074. doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2009.06.003>.